Über die Kaliberverhältnisse der quergestreiften Muskelfasern.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät

der

Kaiser-Wilhelms-Universität Strassburg

zur Erlangung der Doctorwürde

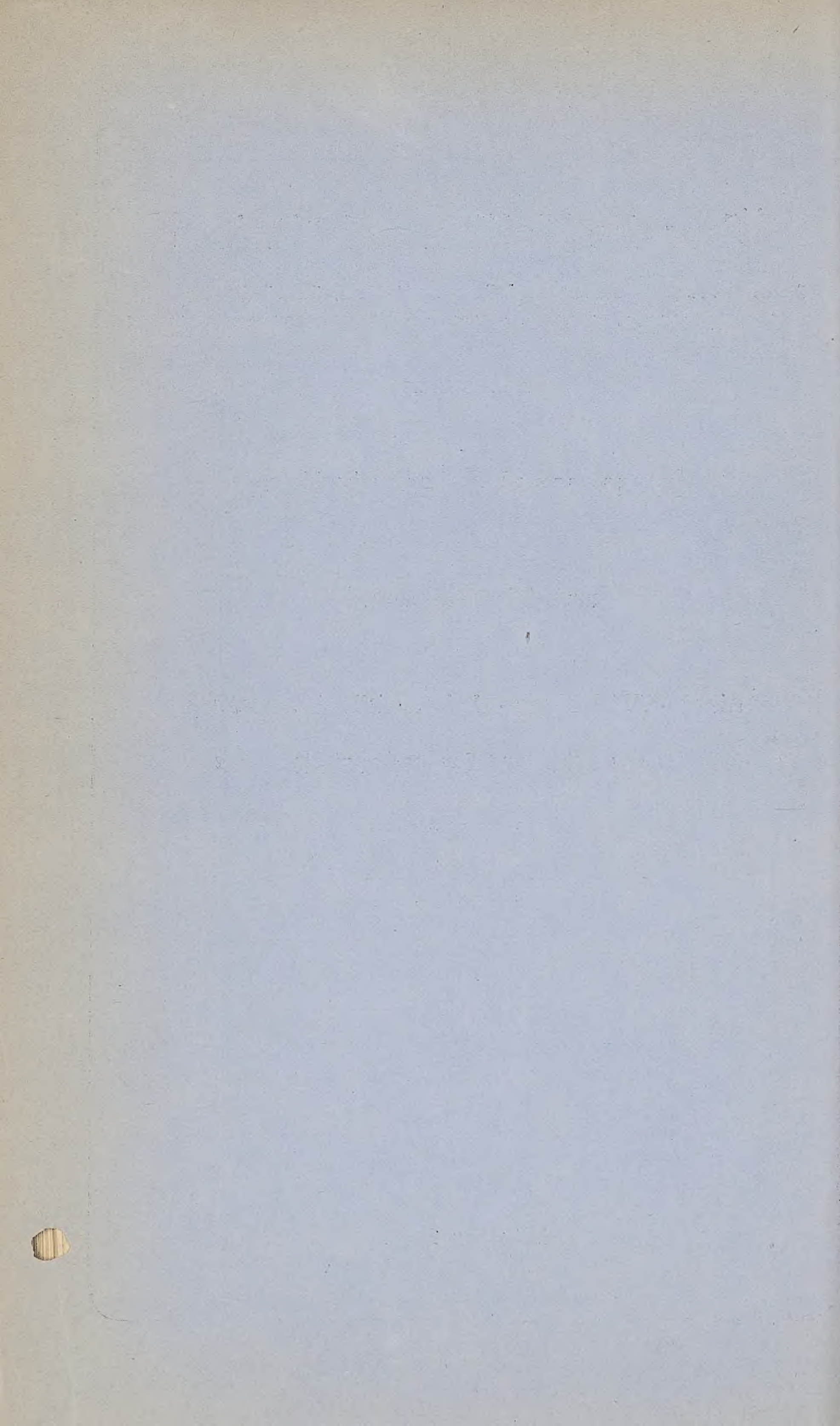
vorgelegt von

Reitaro Mayeda

aus Kioto, Japan.

München 1890.

Druck von R. Oldenbourg.







Über die Kaliberverhältnisse der quergestreiften Muskelfasern.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät

der

Kaiser-Wilhelms-Universität Strassburg

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Reitaro Mayeda
aus Kioto, Japan.

München 1890.
Druck von R. Oldenbourg.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10cm

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät der Universität Strassburg.

Referent: Prof. Dr. Schwalbe.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. Schwalbe

in Dankbarkeit gewidmet

vom Verfasser.

Bei seinen Untersuchungen über die Kaliber-Verhältnisse der Nervenfasern war es Herrn Professor Schwalbe aufgefallen, dass zwischen verschiedenen Muskeln eines und desselben Thieres auffallende Unterschiede in den Dickenverhältnissen der Muskelfasern existirten. So fand er beispielsweise beim Frosch, dass der M. rectus superior oculi durchschnittlich sehr feine, der M. longissimus dorsi dagegen durchschnittlich ungleich dickere Fasern führt. Während bei ersterem Muskel das Minimum der Faserdicke 17,6 μ, das Maximum 45,6 μ betrug, wurden für den M. longissimus dorsi als geringste Dicke 38 μ, als grösste dagegen 133 μ gefunden. Diese Gegensätze erwiesen sich als allgemein charakteristisch für die beiden genannten Muskeln; andere nehmen eine Zwischenstellung ein. Eine Ausdehnung dieser Untersuchungen auf eine grössere Zahl von Muskeln desselben Thieres, sowie auf die verschiedenen Muskeln verschiedener Wirbelthiere, wenigstens von Repräsentanten der fünf Klassen schien schon aus physiologischen Gründen wünschenswerth. Dass gerade ein Augenmuskel sich durch besonders feine, ein Rückenmuskel durch ungleich gröbere Fasern charakterisirte, schien im Zusammenhang zu stehen mit den verschiedenen Aufgaben dieser Muskeln, die ja auch in der Art der Innervation zum Ausdruck kommen; denn die Muskeln des Augapfels sind ja bekanntlich nach Tergast's Untersuchungen gegenüber anderen Muskeln besonders reichlich innervirt. Herr Professor Schwalbe veranlasste mich, diese Untersuchung durchzuführen und unter seiner Leitung ist diese Arbeit entstanden.

Ganz unbeachtet sind indessen derartige Verschiedenheiten der Muskelfaser-Kaliber verschiedener Muskeln bisher nicht geblieben. Während allerdings meist nur die grosse Verschiedenheit der Dicken der Muskelfasern in ein und demselben Muskel hervorgehoben wird, finden sich doch in einigen Lehr- und Handbüchern deutliche Hinweise auf Verschiedenheiten einzelner Muskeln desselben Thieres und verschiedener Thierklassen nach ihren Faser-Kalibern. Nur diese Angaben seien hier hervorgehoben und zusammengestellt, soweit ich sie in der Literatur zu ermitteln vermochte.

Die älteste Angabe der genannten Art fand ich bei Todd und Bowman[1]). Diese Forscher äussern sich über die Kaliber der Muskelfasern in folgender Weise: „They vary in diameter from $^1/_{60}$ to $^1/_{1500}$ of an inch, being largest in crustacea, fish and reptiles, where their irritability is enduring; and smallest in birds, where it is most evanescent. The individual fibres however vary considerably in thickness in the members of the several tribes, and even in the same animal and muscle. Their average midth in man is about $^1/_{400}$ of an inch".

In den Philosophical Transactions vom Jahre 1840 hatte Bowman seine Messungen bereits ausführlicher publicirt und im Artikel „Muscle" im dritten Bande von Todd's Cyclopaedia folgende Uebersicht mitgetheilt:

Durchmesser der quergestreiften Muskelfasern in inches:

Mensch	$\frac{1}{615}$ — $\frac{1}{192}$	Durchschnitt b. Mann	$\frac{1}{352}$
		b. Weibe	$\frac{1}{454}$
Andere Säugethiere	$\frac{1}{1100}$ — $\frac{1}{192}$	„	$\frac{1}{561}$
Vögel	$\frac{1}{1500}$ — $\frac{1}{350}$	„	$\frac{1}{807}$
Reptilien	$\frac{1}{1000}$ — $\frac{1}{100}$	„	$\frac{1}{484}$
Fische	$\frac{1}{755}$ — $\frac{1}{65}$	„	$\frac{1}{222}$
Insekten	$\frac{1}{755}$ — $\frac{1}{200}$	„	$\frac{1}{419}$

Weniger eingehend und bestimmt äussert sich Gerlach[2]). Er führt nur an, dass die Breite der einzelnen Fäden beim Menschen und den höheren Thieren 0,005—0,007''' beträgt; bei den niederen

1) The physiological anatomy and physiology of man. Vol. I, 1845, pag. 151.

2) Gewebelehre, 1848, S. 99.

Thieren können sie seinen Beobachtungen zufolge eine Breite von 0,015''' erreichen.

Kölliker[1]) äussert sich in folgender Weise: „Ihre (der Muskelfasern) Stärke geht von 0,005—0,03''' (11—80 μ) und darüber; am Rumpf und an den Extremitäten sind dieselben ohne Ausnahme stärker (0,016—0,03''' = 33—67 μ) als am Kopfe, wo namentlich die mimischen Muskeln durch geringe Dicke ihrer Fasern (0,005 bis 0,016''' = 11—34 μ) sich auszeichnen, wobei jedoch zu bemerken ist, dass in einem und demselben Muskel oft grosse Differenzen sich finden. Nach Allem, was man weiss, zeigen sich bei Männern und Weibern, schwächlichen und robusten Individuen in der Dicke der Muskelfasern keine absoluten Verschiedenheiten, dagegen möchte es leicht sein, dass hier das eine Extrem, dort das andere das vorwiegende wäre“.

Man sieht, Kölliker betont hier zum ersten Male die Dicken-Verschiedenheiten der Muskelfasern verschiedener Muskeln derselben Species, während Bowman nur auf die Kaliber-Verschiedenheiten der Muskelfasern verschiedener Wirbelthierklassen aufmerksam gemacht hat. In seiner Gewebelehre (auch in der neuesten Auflage von 1889 S. 364) wiederholt Kölliker beinahe wörtlich seine früheren soeben citirten Angaben, nur dass er nun in der oben beigefügten Weise die Maasse (zum Theil ein wenig verändert) in Millimetern anführt.

Die neueren Lehr- und Handbücher der Anatomie und Histologie beschränken sich meist auf Wiedergabe einiger Messungen ohne Hervorhebung von Differenzen zwischen einzelnen Muskeln und bei verschiedenen Thieren. Nur auf die Verschiedenheiten der Kaliber in einem und demselben Muskel wird überall aufmerksam gemacht. Eine Ausnahme in dieser Hinsicht machen nur, soviel ich finden kann, Schäfer und Toldt. Schäfer[2]) wiederholt ganz kurz Kölliker's Angaben; bei Toldt[3]) finden wir aber eine Erweiterung derselben. Es mögen deshalb Toldt's Worte hier folgen: „Der Dickendurchmesser schwankt in beträchtlichen Grenzen,

1) Mikroskopische Anatomie, II. Bd., 1. Hälfte, 1850, S. 201.
2) In Quain's Anatomy, 9. edit. 1882. Vol. II pag. 119—120.
3) Lehrbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. 1888, S. 88.

sowohl bei verschiedenen Thierklassen, als auch in einem und demselben Individuum an verschiedenen Stellen. Für den Menschen beträgt er 15 bis zu 50 μ. Die Muskulatur des Gesichtes und der Haut überhaupt enthält meist dünnere Fasern, als die des Stammes und der Extremitäten. Uebrigens kommen in ein und demselben Muskel Schwankungen um das Doppelte des Durchmessers zur Beobachtung". Bei Toldt kommt also als neu hinzu, dass nicht nur die Gesichtsmuskeln (Kölliker), sondern die Muskeln der Haut überhaupt sich durch besonders feine Fasern auszeichnen. Dies sind die in der Litteratur befindlichen Angaben, welche ich als auf die im Eingange angeregte Frage bezüglich aufzufinden vermochte.

Harting's Messungen haben den Zweck, Material für die Frage nach der Art des Muskelwachsthums zu gewinnen. Es sei aus ihnen angeführt, dass er beim Erwachsenen die Dicken der Muskelfasern im M. biceps, psoas, sowie gastrocnemius und soleus zusammen, bestimmte. Die von ihm mitgetheilten Zahlen ergeben indessen keine constanten Verschiedenheiten zwischen den genannten Muskeln, wie man aus folgender Zusammenstellung ersieht:

	Erwachsener Mann	Erwachsener Mann	Erwachsene Frau
Biceps . . .	33,6—65,6 μ	26,7—83,6 μ	24,1—64,2 μ
Psoas . . .	24,1—74,2 μ	—	35,5—75,9 μ
Gastrocnemius + Soleus .	37,1—74,2 μ	36,2—94,8 μ	

Allenfalls könnte man hieraus schliessen, dass der Gastrocnemius — Soleus von den untersuchten Muskeln die höchsten Minima und Maxima der Faserkaliber besitzt.

Auf die pathologischen Untersuchungen, in welchen sich Angaben über die Faserkaliber normaler Muskeln befinden, werde ich am Schluss der Arbeit noch kurz einzugehen haben.

Das Material, an welchem ich meine Untersuchungen anstellte, umfasste Repräsentanten aller Wirbelthierklassen, nämlich Perca fluviatilis, Rana esculenta und fusca, Salamandra maculosa, Lacerta agilis Tropidonotus natrix, Fringilla carduelis und Mus musculus. Die ausgedehntesten Untersuchungen habe ich am Frosch angestellt und zwar an Rana esculenta, bemerke jedoch, dass ich in den Kaliber-

1) Rechercher micrométriques. Utrecht 1845, pag. 59 ff.

verhältnissen beider untersuchten Arten keine Verschiedenheiten nachzuweisen vermochte. In den unten folgenden Tabellen wird nur Rana esculenta berücksichtigt werden.

Da auf Querschnitten der verschiedensten Muskeln eine Messung der Dicke der Muskelfasern wegen des schiefen Verlaufes vieler Muskelbündel nur ungenaue Resultate liefern konnte, musste ich zur Isolation schreiten und die isolirten Fasern messen. Ich bediente mich zur Isolation der Muskelfasern meist der 20procentigen Salpetersäure. Da es mir aber daran lag, die Fasern möglichst in ihren natürlichen Spannungsverhältnissen zu fixiren und zu isoliren wurden nicht die einzelnen am getödteten Thiere herauspräparirten Muskeln getrennt in die Salpetersäure gelegt, sondern das ganze Thier lebend hineingesetzt. Es wurde auf diesem Wege bei dem schnell eintretenden Tode auch eine Füllung des Darms mit der Macerationsflüssigkeit, überhaupt eine vollkommene Durchtränkung des Körpers erreicht. In einem weiten verschlossenen Glase verblieb sodann das Thier in einem Wärmekasten während 24 Stunden in der starken Säure bei 40° C., worauf es präparationsfähig gefunden wurde. Ich will hier gleich bemerken, dass bei Fischen hierzu schon eine Zeit von 6 Stunden genügt. Nach Verlauf dieser Zeit wurden die Thiere mittelst eines grossen Hornlöffels aus der Säure herausgefischt, um so eine Zerbröckelung beim Herausnehmen zu vermeiden, und dann ebenso vorsichtig in eine geräumige Glasschale mit reinem Wasser übertragen. Die Haut erscheint nun meist weit abgehoben und nach ihrer Entfernung lassen sich die einzelnen Muskeln mit grosser Leichtigkeit in beliebiger Weise präpariren und dann auf dem Objektträger zerfasern. Doch ist es rathsam, ein in der genannten Weise vorbereitetes Thier alsbald nach dem Uebertragen in Wasser zu untersuchen, da die Muskelfasern nach längerem Liegen in demselben sich verändern. Die Messung der Dicke geschah senkrecht zur Längsaxe der Muskelfaser mittelst eines Ocular-Mikrometers bei Zeiss Objektiv D, Ocular II. Der Werth eines Theilstriches betrug in unserem Falle 0,0038 mm, wonach sich die unten zum Theil nur in Theilstrichen angegebenen Masse leicht berechnen lassen. Von jedem Muskel wurden, wie aus der auf S. 14 folgenden Tabelle hervorgeht, jedesmal

mindestens 100 Fasern gemessen. Wo, wie bei den kleinen Augen- oder Zehen-Muskeln ein Muskel nicht die genügende verwerthbare messbare Zahl von Fasern liefern konnte, wurden die Messungen der Fasern desselben Muskels verschiedener Individuum zu einer einheitlichen Aufstellung combinirt. Ein Uebelstand, die Breite der Muskelfasern genau zu bestimmen, liegt in der Gestalt ihres Querschnitts, der wohl nur selten rein kreisförmig sein dürfte. Da ich unten noch einmal Veranlassung haben werde, die Gestalt des Muskelfaserquerschnitts bei verschiedenen Wirbelthieren zu erörtern, sei hier nur hervorgehoben, dass meine Zahlen wohl in der Mehrzahl der Fälle den breitesten Durchmesser des Querschnitts angeben. Denn die durch die genannte Methode isolierten Muskelfasern dürften sich wohl in der Mehrzahl der Fälle so lagern, dass sie mit ihrer breiten Seite der Unterlage aufliegen. Aber selbst wenn bei den einen die schmalste, bei den andern die breiteste Seite zur Messung gelangt sein sollte, so dürfte das bei der grossen Zahl der gemessenen Fasern einerseits, bei den grossen Differenzen in der Dicke der verschiedenen Fasern eines und desselben Muskels andererseits den Werth unserer Messungen nicht beeinträchtigen, zumal da meistens die Differenzen zwischen grösstem und kleinstem Durchmesser nur geringe sind.

Da es mir nun daran lag, die Muskelfasern nicht am herausgeschnittenen sich in der Säure stark verkürzenden Muskel zu untersuchen, sondern in ihrer Lage am Körper des betreffenden Thieres fixirt, so musste ich mich in der Auswahl der Thiere für die übrigen Wirbelthierklassen zunächst auf kleine Repräsentanten der betreffenden Klassen beschränken, welche lebend in toto eingelegt werden konnten. Selbst der genannte Fisch und die Natter wurden in der besprochenen Weise behandelt.

Mit der Untersuchung menschlicher Muskeln bin ich gegenwärtig beschäftigt, behalte mir aber die Mittheilung der gefundenen Resultate für eine spätere Arbeit vor.

Ausser der eben genauer geschilderten Methode habe ich mich in den Fällen, wo es mir zugleich um eine Ermittelung der Muskelfaserlängen zu thun war, noch der Methoden von Felix und Froriep bedient. Für die Isolation der Muskelfasern bei Fischen und

Fröschen fand ich die Sublimat-Methode von Felix[1]) sehr geeignet. Derselbe bediente sich einer concentrirten wässerigen Lösung von Sublimat (1 Theil Sublimat auf 16 Theile Wasser) bei 45 bis 60° C. Froriep's[2]) Salicylsäure-Methode habe ich mit Erfolg bei Vögeln und Säugethieren angewandt. Dieselbe besteht in Folgendem: Der Muskel wird einige Tage in starkem Alkohol gespannt aufbewahrt, dem 2½ % krystallisirte Salicylsäure zugesetzt sind; dann wird er zwei Stunden in 1% wässeriger Salicylsäurelösung gekocht und bleibt endlich noch mehrere Tage in einer kalt gesättigten wässerigen Salicyllösung.

Die beiden letztgenannten Methoden lieferten eine willkommene Controle für die mittelst der Salpetersäure-Maceration gefundenen Werthe.

Endlich ist noch zu bemerken, dass zu den Messungen nur erwachsene Thiere benutzt wurden, da es zunächst nicht in meiner Absicht lag, auf die Frage des Muskelwachsthums einzugehen.

Ich lasse nun zunächst eine Zusammenstellung der Minima, Maxima und Mittel der Faserdicken in den untersuchten Muskeln der sieben genannten Thiere folgen. Am ausgedehntesten sind meine Ermittlungen über den Frosch. Hier habe ich 25 verschiedene Muskeln untersucht, welche ich nach der Nomenclatur von Ecker wiedergebe.

Ich habe sowohl im Winter, als im Sommer Messungen beim Frosch ausgeführt und keine nennenswerthen Differenzen gefunden, vielleicht weil möglichst immer frisch gefangene Exemplare zur Untersuchung benutzt wurden. Anders stellte sich das Resultat für Salamandra maculosa heraus. Die schlecht ernährten Exemplare des Winters ergaben durchschnittlich geringere Dicken, als die von frisch gefangenen wohlgenährten Exemplaren des Sommers. Von ersteren untersuchte ich 15 Muskeln; die Dicke ihrer Fasern schwankte zwischen 0,0038—0,0874 mm (Mittel aus allen Messungen 0,0485); in fünf Muskeln des „Sommer-Salamanders“ dagegen variirte die Dicke von 0,0038 bis zu 0,1064 mm und das Mittel

---

1) Die Länge der Muskelfaser bei dem Menschen und einigen Säugethieren. Festschrift für Albert von Kölliker, 1887 S. 283.

2) Archiv f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1878 S. 422.

betrug 0,0584 mm. Es ergibt sich aus dieser Vergleichung das interessante Resultat, dass die Minima im Allgemeinen beim Sommer-Salamander nicht zugenommen haben, wohl aber ganz erheblich die Maxima, ein für die Ernährung und das Wachsthum nicht unwichtiger Punkt. In der mitgetheilten Tabelle sind der Kürze wegen die Bezeichnungen Winter- und Sommer-Salamander eingeführt.

Vom Barsch und der Natter habe ich je 5 Muskeln, von der Eidechse 11, vom Distelfink 13, von der Maus 21 verschiedene Muskeln untersucht. Die Nomenclatur der Reptilien-Muskeln ist die von C. K. Hofmann, die der Vogel-Muskeln von Gadow befolgte. Die in die Tabelle aufgenommenen Mittelzahlen sind nicht etwa allein aus Maximum und Minimum gewonnen, sondern sind das aus allen Einzelmessungen der Fasern desselben Muskels berechnete Mittel. Ich lasse nun zunächst die Tabellen mit den Messungs-Resultaten folgen:

Tabelle I.

1. Flussbarsch.

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Obliquus inf.	105	0,0114	0,0532	0,0304
Adductor mandibulae .	102	0,0152	0,0950	0,0532
Levator der Rückenflosse	107	0,0152	0,0760	0,0418
Dorsale Seitenrumpfmuskeln	101	0,0276	0,2052	0,1026
VentraleSeitenrumpfmuskeln	105	0,0190	0,1520	0,0912

2. Frosch.

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Rectus int.	113	0,0076	0,0570	0,0276
Obliquus inf.	114	0,0057	0,0380	0,0190
Temporalis	102	0,0114	0,0608	0,0342
Masseter	101	0,0114	0,0950	0,0494

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Hyoglossus	102	0,0114	0,0684	0,0380
Submaxillaris	102	0,0114	0,0608	0,0342
Omohyoideus	102	0,0152	0,0894	0,0456
Latissimus dorsi . . .	114	0,0228	0,1634	0,0912
Longissimus dorsi . . .	114	0,0190	0,1444	0,0760
Infraspinatus	132	0,0152	0,1178	0,0494
Triceps brachii . . .	114	0,0152	0,1178	0,0608
Flexor carpi radialis . .	121	0,0114	0,1026	0,0570
Extensor digit. communis longus	115	0,0114	0,0950	0,0532
Adductor pollicis . . .	104	0,0114	0,0684	0,0380
Abductor digiti V primus	103	0,0114	0,0646	0,0380
Cutaneus pectoris . . .	100	0,0152	0,0950	0,0456
Pectoralis	121	0,0152	0,1140	0,0646
Rectus abdominis . . .	122	0,0152	0,1140	0,0646
Obliquus ext.	110	0,0152	0,1178	0,0608
Sartorius	117	0,0190	0,1520	0,0836
Semimembranosus . . .	101	0,0114	0,1140	0,0608
Gastrocnemius	123	0,0304	0,2014	0,1064
Peroneus	119	0,0152	0,1274	0,0684
Extensor longus digiti I pedis	104	0,0114	0,0798	0,0456
Interosseus III dorsalis pedis	110	0,0114	0,0760	0,0418

3a. Winter-Salamander. **3b. Sommer-Salamander.**

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm	Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Rectus int.	102	0,0038	0,0228	0,0114					
Obliquus inf.	101	0,0038	0,0152	0,0076	Obliquus inf.	100	0,0038	0,0276	0,0152
Masseter	103	0,0114	0,0570	0,0342					
Infraspinatus	107	0,0114	0,0608	0,0342					
Latissimus dorsi . . .	106	0,0114	0,0684	0,0380					
Longissimus dorsi . .	111	0,0114	0,0760	0,0380	Longissimus dorsi . .	101	0,0152	0,0950	0,0456
Flexor carpi radialis .	109	0,0076	0,0418	0,0228	Flexor carpi radialis .	101	0,0114	0,0608	0,0342
Extensor digit. communis	105	0,0076	0,0456	0,0228					
Interosseus V dorsalis manus	101	0,0076	0,0276	0,0152					
Pectoralis	105	0,0114	0,0570	0,0342	Pectoralis	102	0,0152	0,0836	0,0456
Rectus abdominis . .	107	0,0114	0,0456	0,0276					
Obliquus ext.	105	0,0076	0,0418	0,0228					
Sartorius	110	0,0114	0,0684	0,0380	Sartorius	102	0,0190	0,1064	0,0570
Gastrocnemius	101	0,0152	0,0894	0,0456					
Extensor longus digiti I pedis	100	0,0076	0,0380	0,0152					

4. Eidechse.

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Obliquus inf.	102	0,0057	0,0228	0,0114
Pterygoideus int. . . .	104	0,0152	0,0646	0,0380
Longissimus dorsi . . .	103	0,0152	0,0760	0,0418
Coraco-antebrachialis . .	102	0,0152	0,0608	0,0380
Humero-radialis	100	0,0152	0,0570	0,0342
Pectoralis	102	0,0152	0,0684	0,0380
Obliquus abdominis ext. .	100	0,0152	0,0684	0,0380
Schwanzmuskeln . . .	105	0,0152	0,0760	0,0456
Ischio-femoralis	101	0,0152	0,0760	0,0380
Femoro-metatarsalis plantaris	102	0,0228	0,0950	0,0570
Tarso-digitalis	107	0,0152	0,0570	0,0342

5. Ringelnatter.

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Obliquus inf.	101	0,0057	0,0276	0,0114
Geniohyoideus	105	0,0152	0,0418	0,0276
Longissimus dorsi . . .	102	0,0190	0,1140	0,0608
Obliquus ext.	103	0,0152	0,0950	0,0456
Muskeln derSchwanzspitze	100	0,0152	0,0608	0,0342

6. Distelfink.

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Obliquus inf.	102	0,0057	0,0152	0,0076
Temporalis	101	0,0114	0,0276	0,0190
Sterno-hyoideus	100	0,0114	0,0228	0,0152
Digastricus	103	0,0114	0,0276	0,0190
Latissimus dorsi	102	0,0152	0,0456	0,0304
Longissimus dorsi . . .	101	0,0152	0,0380	0,0276
Spinalis	102	0,0152	0,0342	0,0228
Pectoralis	100	0,0114	0,0304	0,0190
Levatores costarum . .	103	0,0114	0,0276	0,0190
Obliquus abdominis ext. .	103	0,0114	0,0276	0,0190
Ilio-tibialis internus . .	104	0,0114	0,0380	0,0228
Ischio-flexorius	100	0,0114	0,0304	0,0190
Gastrocnemius	102	0,0152	0,0456	0,0304

7. Maus.

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Rectus int.	102	0,0038	0,0276	0,0114
Obliquus inf.	102	0,0038	0,0190	0,0114
Levator labii	101	0,0076	0,0228	0,0152
Masseter	101	0,0152	0,0494	0,0304
Hyoglossus	107	0,0076	0,0418	0,0228
Subcutaneus colli . . .	107	0,0076	0,0380	0,0228
Sternocleido-mastoideus .	106	0,0114	0,0456	0,0276
Latissimus dorsi	114	0,0076	0,0456	0,0228
Longissimus dorsi . . .	114	0,0190	0,0760	0,0456
Schwanzmuskeln . . .	105	0,0076	0,0456	0,0228
Flexor carpi radialis . .	102	0,0076	0,0418	0,0228
Extensor digit. communis manus	105	0,0076	0,0380	0,0228
Pectoralis maj.	107	0,0152	0,0684	0,0380
Serratus anticus maj. . .	104	0,0114	0,0608	0,0342
Intercostales ext. . . .	106	0,0076	0,0456	0,0276
Zwerchfell	105	0,0076	0,0342	0,0190
Obliquus ext.	103	0,0114	0,0418	0,0276
Glutaeus max.	103	0,0152	0,0570	0,0342
Sartorius	107	0,0152	0,0608	0,0380
Gastrocnemius	106	0,0190	0,0798	0,0456
Extensor longus digiti I pedis	101	0,0076	0,0342	0,0190

Aus den hier mitgetheilten Tabellen ist nun allerdings die Variationsbreite der Dickenmaasse der Muskelfasern desselben Thieres und verschiedener Thiere leicht ersichtlich; es sind ferner die Mittelzahlen geeignet, auffallende Verschiedenheiten in den Faserkalibern der einzelnen Muskeln zum Ausdruck zu bringen. Aber über einen wichtigen Punkt geben uns diese Zahlen keine Auskunft, nämlich welche Faserkaliber innerhalb der Variationsbreite eines und desselben Muskels am reichlichsten vertreten sind, überhaupt in welcher Häufigkeit die verschiedenwerthigen Faserkaliber in den einzelnen Muskeln sich finden. Ich habe mich, um diese Vertheilung der verschiedenen Kaliber nach ihrer Häufigkeit für jeden Muskel zum Ausdruck zu bringen, der graphischen Methode bedient. Sämmt-

liche gefundene Einzelwerthe wurden dabei der Einfachheit wegen in Theilstrichen des Mikrometers bei Zeiss D Ocular II (Werth 0,0038 mm für einen Theilstrich) angenommen. (Vergl. Tafel III und IV Fig. 1 bis 7).

Unter Benutzung von Millimeter-Papier trug ich auf der Abscissenaxe die Dickenwerthe in Theilstrichen auf, der Art, dass jeder Millimeter einem Theilstrich entsprach. Als Ordinaten wurden sodann die Zahlen der für den betreffenden Theilstrichwerth innerhalb eines Muskels ermittelten Fälle aufgesetzt, der Art, dass je 1 Millimeter einem Fall entsprach. So erhielt ich Curven, welche es beim ersten Blick gestatten, Maximum und Minimum festzustellen und für jeden Dickenwerth die Zahl der gefundenen Muskelfasern abzulesen. Man hat also mit einem Blick eine anschauliche Vorstellung von den quantitativen Verhältnissen der Faserkaliber in den verschiedenen Muskeln. Diese Faserkaliber-Curven, wie ich sie nennen will, gestatten eine ausserordentlich leichte Vergleichung für die verschiedenen Muskeln und verschiedenen Thiere. Will man die absoluten Werthe haben, so hat man nur mit 0,0038 zu multipliciren.

Bei der Betrachtung dieser Curven nun, welche unsere Tafeln wiedergeben, fällt es sofort in die Augen, welch' verschiedene Breite und Höhe, welch' verschiedene Gestalt überhaupt dieselben in den verschiedenen Muskeln haben können. Mit Hilfe dieser Curven und der oben abgedruckten Tabelle der wahren Werthe können wir es nun unternehmen, die Resultate unserer Messungen hervorzuheben und zu veranschaulichen.

Ziehen wir zunächst die für jeden Muskel gefundenen Mittelzahlen der Faserkaliber zu Rathe und berechnen wir aus diesen wieder die Mittelzahlen der Faserkaliber für die sämmtlichen untersuchten Muskeln einer Art, so ergiebt sich, dass die dicksten Muskelfasern die Fische, die feinsten die Vögel besitzen. Zwischen beiden ordnen sich die übrigen untersuchten Thiere in folgender absteigender Reihenfolge: Fisch, Frosch, Salamander, Natter, Eidechse, Maus, Vogel. Das Mittel sämmtlicher Faserkaliber des Fisches (0,0891) beträgt nahezu das Vierfache von dem des Vogels (0,0237), das der Maus (0,0469) etwa doppelt soviel wie beim Vogel, aber nur ein geringes Mehr als die Hälfte der für den Fisch berechneten

Mittelzahl. Nächst dem Fisch hat der Frosch die grössten Mittelzahlen. In nachstehender Tabelle sind die untersuchten Thiere nach der Höhe des Mittels der Faserdicken geordnet.

Tabelle II.

(Die untersuchten Thiere sind nach dem Mittel der Faserdicken ihrer sämmtlichen untersuchten Muskeln geordnet.)

	Mittel	Maximum	Minimum	Differenz
1. Fisch . . .	0,0891	0,2052	0,0114	0,1838
2. Frosch . . .	0,0656	0,2014	0,0057	0,1957
3. Salamander				
Sommer . .	0,0584	0,1064	0,0038	0,1026
Winter . .	0,0485	0,0894		
4. Natter . . .	0,0502	0,1140	0,0057	0,0983
5. Eidechse . .	0,0500	0,0950	0,0057	0,0893
6. Maus . . .	0,0469	0,0798	0,0038	0,0798
7. Vogel . . .	0,0237	0,0456	0,0057	0,0399

Ungleich grössere Differenzen ergeben sich bei der Vergleichung der Maxima. Hier dominirt ebenfalls wieder der Fisch mit 0,2052 mm, ebenso wie der Vogel mit dem geringsten Maximum am Ende der Reihe steht (0,0456 mm), aber der für den Vogel gefundene Werth ist hier sogar beinahe fünfmal geringer als das Maximum der Faserkaliber des Fisches, das Säugethier-Maximum (0,0798 mm) nicht ganz dreimal. Im übrigen folgen die Thiere nach dem Faserkaliber-Maximum geordnet in derselben Weise, wie vorhin; nur die Natter schiebt sich hier über den Salamander zwischen diesen und den Frosch mit 0,1140 mm Maximum. Das Maximum der Froschmuskelfasern steht mit 0,2014 dem der Fische sehr nahe; dann folgt ein beträchtlicher Sprung zur Natter, während die Mittelzahlen weniger scharfe Absätze zeigen. Fisch und Frosch bilden mit Rücksicht auf die Kaliber-Maxima eine zusammengehörige Gruppe, denen die übrigen Wirbelthiere scharf gegenüberstehen.

Während nun die Maxima der Muskelfaserdicken so auffallende Differenzen zeigen, welche zwischen Fisch und Vogel den hohen Werth von 0,1596 mm betragen, sind merkwürdiger Weise die Minima der Faserkaliber aller Wirbelthiere nur wenig von

einander verschieden. Zwar steht auch hier der Fisch obenan mit 0,0114 mm; die übrigen aber variiren nur zwischen 0,0038 und 0,0057 mm. Das geringste Minimum (0,0038) findet sich hier nicht bei den Vögeln, sondern beim Salamander und der Maus. Die Differenz zwischen höchstem und niedrigstem Minimum beträgt nur 7,6 μ gegen 159,6 μ Maximum-Differenz.

Von Interesse ist die Betrachtung der Differenzen zwischen Maximum und Minimum der Faserdicken bei den verschiedenen Wirbelthieren. Die untersuchten Thiere gruppiren sich nach der Grösse dieser Differenz wieder in derselben Reihenfolge, wie nach den Mittelzahlen (vergl. Tabelle II, letzte Columne), nur dass die Muskelfasern beim Frosch eine etwas grössere Variationsbreite (0,1957) der Faserkaliber zeigen, wie beim Fisch (0,1838). Der Vogel hat auch hier wieder die geringste Zahl mit 0,0399. Einen sehr plastischen Ausdruck dieser Verhältnisse gewähren die auf Tafel III und IV mitgetheilten Curven. Die Curven des Fisches und Frosches nehmen den breitesten Raum ein, bedecken 51 bzw. 52 Theilstriche (1 Theilstrich = 0,0038 mm = 1 mm des Millimeterpapiers). Dann folgen Salamander und Natter mit 27 bezw. 29 Theilstrichen, die Eidechse mit 24, die Maus mit 20 und endlich der untersuchte Vogel mit nur 11. Berücksichtigt man bei dieser Vergleichung nicht die Augenmuskeln, welche die geringsten Werthe zeigen, so sind die Variationsbreiten beim Fisch und Frosch 50 Theilstriche, bei der Natter 26, beim Salamander 25, bei der Eidechse 20, bei der Maus 19, beim Vogel 9. Wir erhalten also vier Gruppen von Wirbelthieren nach der Breite der Curve: 1. Fische und Batrachier; 2. Schlangen und Urodelen; 3. Eidechse und Säugethier; 4. Vogel. No. 2 und 3 sind am wenigsten von einander geschieden.

Die Breitenausdehnung der verglichenen Curven steht nun ferner im umgekehrten Verhältniss zur Höhe derselben. Es heisst dies mit andern Worten: Je grösser die Differenz der Faserkaliber eines und desselben Muskels ist, desto geringer ist die Zahl der Muskelfasern, welche den einzelnen zwischen Minimum und Maximum liegenden Dickenwerthen entsprechen. Man vergleiche in dieser Beziehung als Extreme die für den Gastrocnemius des Frosches ermittelte Curve mit der des M. obliquus oculi inferior vom Vogel.

Bei ersterem sind innerhalb der Theilstrichwerthe 8 und 53 alle möglichen Kaliber vertreten der Art, dass kein Kaliber dominirt, Die grösste Zahl, 7 Fasern von 122 gemessenen, fand sich für 15 Theilstriche. Dicke und dünne Fasern sind hier scheinbar in gesetzloser Weise durcheinander gemischt. Im Gegensatz dazu liegen beim Obliquus oculi inferior des Vogels alle gefundenen Werthe innerhalb der geringen Strecke 1.5 bis 4 Theilstrichen. Dafür aber sind die einzelnen Dicken-Kategorien (es wurden hier auch halbe Theilstriche berücksichtigt) ausserordentlich zahlreich vertreten; denn von 102 gemessenen Muskelfasern entfallen auf Theilstrich

Theilstrich	Fasern	
1,5	14 Fasern	
2	27 „	74 Fasern (2–3)
2,5	22 „	
3	25 „	
4	14 „	
Summa	102 Fasern.	

Ein solcher Muskel besitzt also mit Rücksicht auf die Faserkaliber ein sehr gleichmässiges Gefüge: er enthält nicht nur einzelne sehr feine Fasern, sondern sämmtliche Fasern zeichnen sich durch eine geringe Dicke aus. Hier gibt ein berechneter Mittelwerth eine ungleich bessere Vorstellung von der Zusammensetzung des Muskels wie bei dem M. gastrocnemius des Frosches.

Wie geartet auch immer die Curve der einzelnen Muskeln sein mag, immer springt als allen gemeinsam eins in die Augen, dass nämlich Maxima und Minima der Faserdicken stets durch eine geringere Anzahl von Fasern vertreten sind, als die nach der Mitte der Curve zu befindlichen Kaliber. Die Dicken-Maxima zeigen sogar in der Mehrzahl der Fälle überhaupt die geringsten Faserzahlen. Die Curve ist also im Allgemeinen eine vom Kaliber-Minimum zunächst ansteigende, dann von einem Faserzahl-Maximum aus zum Kaliber-Maximum absteigende. Die zahlreichen zackigen Einbiegungen bzw. Vorsprünge, welche die von uns dargestellten Curven zeigen, dürften bei einer Ausdehnung der Messungen bis auf 1000 gemessene Fasern wohl zum Verschwinden gebracht werden können.

Verschieden sind nun aber ferner die einzelnen Curven, ab-

gesehen von der bereits besprochenen Breite und Höhe, durch die Lage der Faserzahl-Maxima. Theilen wir die Basis der Curve innerhalb der Abscissenlinie in zwei gleiche Theile, so liegt das Maximum der Faserzahlen fast ausnahmslos, gleichgültig, ob wir es mit flachen oder hohen Curven zu thun haben, in der ersten Hälfte der Curve, also näher am Kaliber-Minimum. Von den 25 untersuchten Froschmuskeln machen nur vier eine Ausnahme von dieser Regel, nämlich der Temporalis, Submaxillaris, Flexor carpi radialis und Extensor digitorum communis longus. Von 23 Muskeln der Maus liegt nur bei dreien (Rectus oculi internus, Masseter und Gastrocnemius) das Faserzahl-Maximum nicht in der ersten, sondern in der zweiten Hälfte, beim Sartorius in der Mitte der Curve. Be Salamandra findet sich nur ein Muskel von 15 untersuchten (Extensor digitorum communis), bei der Eidechse einer von 11 (Tarsodigitalis) mit dem Faserzahl-Maximum in der zweiten Hälfte der Curve. Die Vögel zeigen keinen Muskel mit dieser Lage des Faserzahl-Maximums, wohl aber vier (Temporalis, Digastricus, Levatores costarum, Obliquus abdominis externus), bei welchen dasselbe genau in der Mitte der Curve sich befindet. Die Lage in der zweiten Hälfte der Curve ist also eine seltenere Ausnahme; aber selbst wenn sie vorkommt, so ist die Summe der Muskelfasern, welche der ersten Hälfte der Curve angehören, eine grössere, als die der in der zweiten Hälfte befindlichen. So z. B. finden sich im Temporalis des Frosches 60 Muskelfasern in der ersten, 42 in der zweiten Hälfte, im Submaxillaris desselben Thieres 58 in der ersten, 44 in der zweiten Hälfte.

Es folgt aus all den angegebenen Einzelheiten, dass die Curven, so verschieden sie auch im Einzelnen sein mögen, im Allgemeinen steiler ansteigen, wie abfallen, dass aber nicht nur die Muskeln von Thieren verschiedener Wirbelthierklassen, sondern auch ein und desselben Thieres eine verschiedene Form der Curve besitzen können, welche für Art des Thieres und Art des Muskels vielfach sich als charakteristisch herausstellen. Diese letzteren Differenzen verlangen nun noch eine eingehende Erläuterung. Aus allem Angeführten, sowie aus der Betrachtung der Tabellen und Curven ging mit aller Deutlichkeit hervor, dass die systematische

Stellung des Thieres die Kaliberwerthe in auffallender Weise beeinflusst. Die niedriger organisirten Wirbelthiere (Fisch, Frosch) zeigen im Allgemeinen eine ungleich breitere Curve und dabei höhere Kaliber-Minima und Maxima wie die höheren Wirbelthiere. Alle möglichen Faserkaliber sind bei ersteren innerhalb weiter Grenzen vorhanden. Bei den höheren Wirbelthieren erfolgt allmählich eine Concentration, ich möchte sagen, Einengung der Curve, die ihren höchsten Grad in der Klasse der Vögel erreicht. Diese Einengung erfolgt aber nicht vom Kaliber-Minimum aus, sondern von der Seite des Kaliber-Maximums und hat zum Resultate, dass nur die feinsten Fasern erhalten bleiben, die grösseren Faserkaliber mehr und mehr in Wegfall kommen. Die übrigen untersuchten Wirbelthiere stehen in der Mitte zwischen beiden Extremen. In Anbetracht dessen, dass die Vögel sich vor allen Wirbelthieren durch besonders gute Ausbildung ihres Muskelapparates, durch eine besondere Präcision ihrer Bewegungen auszeichnen, dürfen wir wohl annehmen, dass ihre Faserkaliber-Curven einer höheren, vollkommeneren Muskelorganisation entsprechen, die der Fische und Frösche dagegen einer niedrigeren, unvollkommeneren. Wir würden also zu dem Resultate kommen, dass, je feinere Fasern ein Muskel besitzt, und je geringere Differenzen seiner Faserkaliber er aufweist, seine Organisation um so vortheilhafter für die ihm gestellte Aufgabe sein muss. Worauf dies möglichenfalls beruht, werde ich unten zu besprechen haben.

Bei einer Vergleichung der Kaliber-Curven bei den verschiedenen Wirbelthieren fällt es ferner auf, dass diejenigen Thiere, welche überhaupt die concentrirtesten Curven und kleinsten Faserkaliber besitzen, wie die Vögel, in den Curven ihrer einzelnen Muskeln viel geringere Unterschiede erkennen lassen, als die Thiere mit extrem breiten Curven, wie Frosch und Fisch. Die Verschiedenheiten der einzelnen untersuchten Vogelmuskeln sind in der That nur geringe; nur zwei, nämlich der Latissimus dorsi und Gastrocnemius reichen über Theilstrich 10 hinaus. Zwischen ihm und dem M. obliquus oculi inferior besteht der grösste Gegensatz in Lage und Ausdehnung der Curve. Die Curve des M. gastrocnemius überschreitet um 8 Theilstriche die des M. obliquus inferior.

Ganz anders bei der extremen durch Frosch und Fisch repräsentirten Gruppe. Vergleichen wir wieder die zwei extrem organisirten Muskeln, so überschreitet die Curve des M. Gastrocnemius um 43 Theilstriche die des M. obliquus oculi inferior.

Ein Blick auf die für die 23 Froschmuskeln construirten Curven zeigt die grossen Unterschiede, die hier existiren. Diese Unterschiede der einzelnen Muskeln haben uns nun noch zu beschäftigen. Es wird uns die Uebersicht hier erleichtert, wenn wir zunächst diejenigen Muskeln, welche die dicksten, und diejenigen, welche die feinsten Fasern besitzen, für die untersuchten Thiere namhaft machen. In nachfolgender Tabelle ist dies geschehen, in A sind die Muskeln, welche die höchsten Kaliber-Maxima zeigen in absteigender Reihenfolge, in B die Muskeln, welche die niedrigsten Kaliber-Maxima besitzen, in aufsteigender Reihe aufgeführt.

Tabelle III.

A (höchste Maxima).

	1.	2.	3.
Fisch:	1. Dorsale Seitenrumpfmuskeln;	2. ventrale Seitenrumpfmuskeln.	
Frosch:	1. Gastrocnemius;	2. Latissimus dorsi;	3. Sartorius.
Salamander:	1. Gastrocnemius;	2. Longissimus dorsi;	3. {Sartorius, Latissimus dorsi.
Natter:	1. Longissimus dorsi;	2. Obliquus externus.	
Eidechse:	1. Gastrocnemius;	2. Longissimus dorsi;	3. {Schwanzmuskeln, Adductor magnus.
Vogel:	1. {Gastrocnemius, Latissimus dorsi;	2. {Longissimus dorsi, Sartorius.	
Maus:	1. Gastrocnemius;	2. Longissimus dorsi;	3. Pectoralis major.

B (niedrigste Maxima).

	1.	2.	3.
Fisch:	1. Obliquus oculi inferior.		
Frosch:	1. Obliquus inferior;	2. Rectus medialis;	3. {Submaxillaris, Temporalis.
Salamander:	1. Obliquus inferior;	2. Rectus medialis;	3. Interosseus dorsalis V.
Natter:	1. Obliquus inferior.		
Eidechse:	1. Obliquus inferior;	2. Humero-radialis;	3. Tarso-digitalis.
Vogel:	1. Obliquus inferior;	2. Sternohyoideus;	3. {Temporalis, Digastricus, Levat. costarum, Obliquus abd. ext.
Maus:	1. Obliquus inferior;	2. Levator labii;	3. Rectus medialis.

Es geht aus dieser Uebersicht hervor, dass die dicksten Fasern sich im Gastrocnemius und in den tiefen Rückenmuskeln (Longissi-

mus dorsi) bzw. Seitenrumpfmuskeln (beim Fisch; Obliquus externus bei der Natter) finden; in einzelnen Fällen rückt der Latissimus dorsi in zweite Linie, während an dritter Stelle mehrfach der Sartorius erscheint. Die dünnsten Fasern besitzen bei allen Wirbelthieren die Augenmuskeln, von denen stets der M. obliquus inferior, mehrfach auch der M. rectus medialis untersucht wurde. Andere Muskeln mit dünnen Fasern sind durch ihre geringe Grösse ausgezeichnet, wie die Interossei, die Kaumuskeln, der Sternohyoideus.

Nehmen wir den oben besprochenen Grundsatz an, welcher besagt, dass die niedriger organisirten Muskeln die breiteste Curve und grössten Kaliber-Maxima besitzen, so wird es zunächst verständlich, dass wenig specialisirte Muskeln, wie sie die segmentalen Seitenrumpfmuskeln der Fische und ihre Derivate bei den höheren Wirbelthieren repräsentiren, durch jene niedrige Faserkaliber-Organisation charakterisirt sind. Es ist ferner verständlich, dass besonders hoch specialisirte Muskeln, wie die Muskeln des Augapfels, die feinsten Faserkaliber und die geringste Breite der Curve besitzen werden. Dieser Gegensatz besteht besonders deutlich beim Fisch und Frosch.

Auffallend bleibt dann aber, dass der Gastrocnemius in allen Wirbelthierklassen, wo er sich überhaupt findet, die höchsten Kaliber-Maxima aufweist. Es müssen also noch andere Verhältnisse hier bestimmend sein, hier, wo wir es mit einem specialisirten Extremitäten-Muskel zu thun haben. Mir scheint hier die Grösse der betreffenden Muskeln von Einfluss zu sein. Vergleicht man die für die einzelnen Extremitäten-Muskeln des Frosches ermittelten Curven unter einander, so ergeben sich für die kleineren Muskeln (z. B. Adductor pollicis, Interosseus dorsalis III pedis) im Allgemeinen schmalere Curven und geringere Kaliber-Maxima wie für die grösseren. Es wird Aufgabe einer weiteren Untersuchung sein, die Kaliber-Verhältnisse der Muskelfasern der verschiedenen Muskeln mit der letzteren Gewicht bzw. Volum genauer zu vergleichen. Ich habe auf diesem Gebiet keine Bestimmungen vorgenommen. Dass kleine Muskeln im Allgemeinen schmalere Curven und geringere Faserdicken zeigen, geht beim Frosch auch aus der Betrachtung der für die Kaumuskeln, Halsmuskeln etc. gefundenen Werthe hervor. Des-

gleichen zeigen die Muskeln der Schwanzspitze der Natter geringere Faserdicken, als die des Rumpfes.

Es liegt nahe, daran zu denken, dass auch die Beuger und Strecker der Extremitäten eine verschiedene Kaliber-Curve aufweisen möchten. Ich habe jedoch für eine solche Vermuthung in den vorliegenden Beobachtungen keinen genügenden Anhalt gefunden. Zur Beurtheilung der Frage, ob die Hautmuskeln sich durch besonders feine Fasern auszeichnen, steht mir ebenfalls nicht genügendes Material zur Verfügung. Beim Frosch hat der Cutaneus pectoris durchaus nicht die dünnsten Fasern, nur um ein Geringes dünnere wie der Pectoralis. Auch der Subcutaneus colli gehört durchaus nicht zu den Muskeln mit besonders feinen Fasern. Seine Curve gleicht etwa der des M. hyoglossus, ist aber breiter und zeigt höhere Maxima als die des Levator labii und der Augenmuskeln. Nicht unerwähnt möchte ich aber lassen, dass das Zwerchfell der Maus besonders feine Fasern besitzt.

Zum Schluss dieser Aufzählung der Resultate, welche das Studium meiner Curven ergibt, habe ich noch kurz auf die Frage einzugehen, ob die besonders von Ranvier und W. Krause studirten Unterschiede zwischen rothen und weissen Muskelfasern desselben Thieres auch in ihren Kaliberverhältnissen zum Ausdruck kommen. Nach den Angaben der genannten Forscher sind beim Kaninchen die Fasern der rothen Muskeln im Allgemeinen dicker, als die der weissen. W. Krause[1]) äussert sich folgendermaassen: „Der M. semitendinosus hat im Vergleich zum Adductor magnus dickere, dicht aneinander gedrängte, eher prismatische als cylindrische Muskelfasern“.

Ganz kürzlich hat Rollett[2]) einige auf unsere Frage bezügliche Beobachtungen publicirt, die sich allerdings nur zum Theil decken mit den Angaben Krause's. In den weissen Muskeln (M. adductor magnus) des Kaninchens fand Rollett sehr grosse

---

1) Handbuch der menschlichen Anatomie, 1876, Bd. I S. 90.

2) Anatomische und physiologische Bemerkungen über die Muskeln der Fledermäuse. Sitzungsber. der math.-phys. Cl. der Wiener Akademie, Bd. 98, Abth. III, Mai 1889.

Schwankungen in den Durchmessern der Faserquerschnitte, in den rothen Kaninchenmuskeln (M. semitendinosus) dagegen eine mehr gleichförmige Felderung des Querschnitts, weil hier die Schwankungen der Grösse der Faserquerschnitte sich in engen Grenzen halten. Im Gegensatz zu Krause zeichnet Rollett gerade vom weissen Kaninchenmuskel dichter aneinander gedrängte Fasern. Die Resultate, welche ich bei meinen Messungen erhielt, stimmen nicht ganz mit den oben citirten überein.

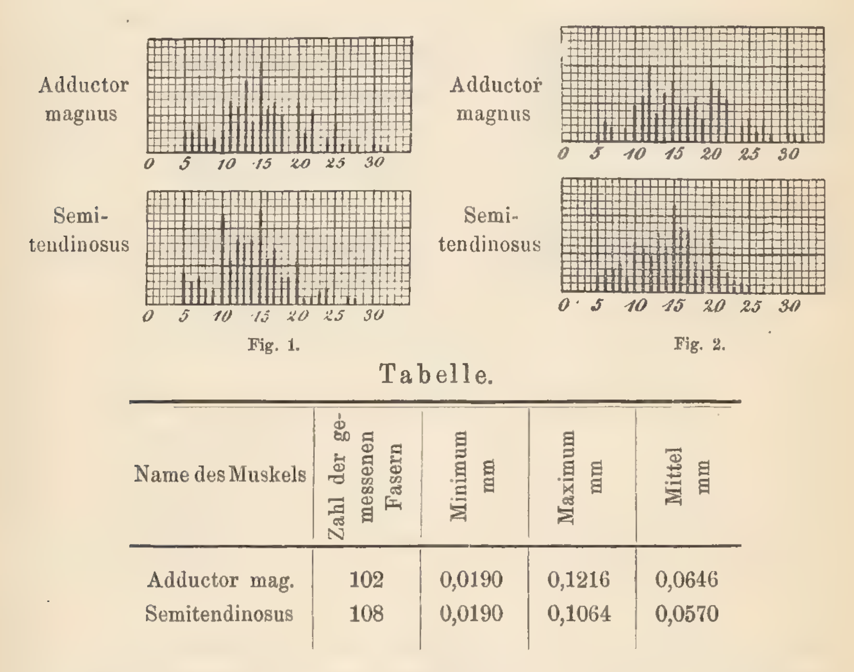


Fig. 1.

Fig. 2.

Tabelle.

Name des Muskels	Zahl der gemessenen Fasern	Minimum mm	Maximum mm	Mittel mm
Adductor mag.	102	0,0190	0,1216	0,0646
Semitendinosus	108	0,0190	0,1064	0,0570

Wie beistehende, zwei verschiedenen Thieren entnommene Curven (Fig. 1 und 2) und die Tabelle zeigen, haben die Muskelfaserkaliber des Adductor magnus vom Kaninchen etwas grössere Maxima und einen grösseren Mittelwerth, als die des rothen M. semitendinosus. Möglichenfalls erklären sich Rollett's Angaben daraus, dass an den einzelnen Stellen des Muskelquerschnitts eine verschiedene Anordnung der Faserkaliber besteht. Nach meinen Untersuchungen würden folglich gerade die Fasern der rothen Muskeln durch ein etwas geringeres Kaliber von denen der weissen unterschieden sein. Allerdings sind die Differenzen nur gering.

Bemerkenswerth ist, dass nach Grützner die von ihm in Frosch- und Meerschweinchen-Muskeln beobachteten trüben körnigen gelblichen Querschnittsfelder im Allgemeinen kleiner sind, als die hellen Felder des Muskelquerschnitts. Allerdings findet sich bei Grützner in der Erklärung zu Figur 3 auch die Bemerkung: „Auch das Umgekehrte ist namentlich beim Hunde häufig". Damit stehen auch J. Arnold's Messungen an den Muskelfasern einer weiblichen Leiche mit auffallend blasser hellgelb gefärbter Skeletmuskulatur im Einklang. Verglichen mit den Fasern gleichnamiger normaler rother Muskeln anderer Individuen zeigten sich die Fasern der blassen Muskeln zwar beim Sartorius und Adductor (welcher?) etwas dünner im Mittel, als die der rothen Muskeln; es kam aber auch das Umgekehrte vor: Die Fasern des Psoas waren im blassen Muskel durchschnittlich dicker als im rothen. Es scheint darnach, dass in den Kaliberverhältnissen kein durchgreifender Unterschied zwischen rothen und weissen Muskeln gefunden werden kann.

Ein weiterer Punkt, der untersucht zu werden verdient, ist das Verhältniss, in welchem die Dicke der Muskelfasern zu ihrer Länge steht. Ich habe kurze hierauf bezügliche Bemerkungen nur bei Felix gefunden. Er bestimmte die Längen der Muskelfasern beim Menschen, Hund, Kaninchen, Schaf, Rind und bei der Katze. Als Material dienten vorzugsweise Muskeln der Brust (Pectoralis), des Oberarms (Biceps, Triceps), des Oberschenkels (Glutaeus maximus, Sartorius, Gracilis, Tensor fasciae) sowie der Latissimus dorsi. Während nun beim Menschen Felix fand, dass die längsten Fasern nicht die breitesten sind, constatirte er umgekehrt bei der Katze, dass die längste Faser auch die dickste war; und gerade im Gegensatz dazu fand er beim Ochsen, dass die kürzeste Faser auch die stärkste war.

Hier hatte die kürzeste Faser auf 4 cm Länge 0,0723 mm Breite, die längste auf 13 cm Länge nur 0,0416 mm Breite. Bei der Katze dagegen haben die Fasern von 3 bis 4,5 cm Länge, 0,0131—0,0489 mm Dicke, dagegen die von 6,5 cm Länge sogar 0,0591 mm.

Meine Untersuchungen der Muskelfaserlängen beschränken sich auf Fisch, Frosch, Distelfink und Maus. Behufs Isolation der

Muskelfasern der beiden erstgenannten bediente ich mich der Sublimat-Methode von Felix, während ich die Muskelfasern bei Vögeln und Säugethieren mittels der Froriep'schen Salicylsäure-Methode zu isoliren suchte. Die von mir gefundenen Längenmaasse lege ich in der folgenden Tabelle nieder:

Tabelle IV.

1. Flussbarsch.

Name des Muskels	Länge des Muskels mm	Länge der einzelnen Fasern mm	Mittel mm
Obliquus inf. . . .	13	8—13	10,075
Adductor mandibulae	16	4—16	10,416
VentraleSeitenrumpf-muskeln	10	2—8	5

2. Frosch.

Name des Muskels	Länge des Muskels mm	Länge der einzelnen Fasern mm	Mittel mm
Obliquus inf. . . .	2	1—2	1,5
Masseter	6	2—6	4
Latissimus dorsi . .	14	7—13	10
Longissimus dorsi .	25	2—8	5
Pectoralis	15	4—14	10,13
Sartorius	26	20—25	20,26
Gastrocnemius . .	20	3—6	4,5

3. Distelfink.

Name des Muskels	Länge des Muskels mm	Länge der einzelnen Fasern mm	Mittel mm
Latissimus dorsi . .	17	2—6	4
Longissimus dorsi .	15	1—3	2
Pectoralis	25	8—24	10,175
Sartorius	10	7—9	8
Gastrocnemius . .	11	1—4	2,5

4. Maus.

Name des Muskels	Länge des Muskels mm	Länge der einzelnen Fasern mm	Mittel mm
Obliquus inf. . . .	3	2—3	2,5
Levator labii . . .	5	3—5	4
Latissimus dorsi . .	24	17—23	20
Pectoralis	17	7—16	10,25
Sartorius	16	10—15	12,5
Gastrocnemius . .	12	2—5	3,5

Diese Längen möge man nun vergleichen mit den in der Tabelle I mitgetheilten und in den Curven veranschaulichten Dicken der betreffenden Muskeln. Ich will dabei die Frage gänzlich unberührt lassen, von welchen Factoren die Muskelfaser-Längen abhängig sind. Eine Beziehung zur Gesammtlänge des Muskels ist zu bekannt und auch in meinen Messungen unverkennbar. Wenn der Gastrocnemius beispielsweise des Frosches bei nur ein wenig geringerer Gesammtlänge als der Sartorius doch viel kürzere Muskelfasern besitzt, als der Sartorius, so steht dies im Zusammenhang mit der Architectur des Muskels. Der Gastrocnemius ist ein gefiederter, der Sartorius ein parallelfaseriger Muskel. Vergleicht man nun die Muskelfasern gleichnamiger Muskeln verschiedener Wirbelthiere unter einander auf Länge und Dicke, so zeigt sich schon hier keine gesetzmässige Beziehung der Dicke zur Länge. Einerseits können gleichlange Fasern desselben Muskels verschiedener Thiere sehr verschiedene Kaliber besitzen, wie das Beispiel des Pectoralis zeigt:

Pectoralis.

(Maasse in Millimetern.)

	Länge	Dicke
Frosch	10 (4—14)	0,0646
Maus	10 (7—16)	0,038
Vogel	10 (8—24)	0,019

Es sind hier die mittleren Werthe unter einander verglichen. In anderen Fällen haben die mit den längsten Fasern versehenen Muskeln auch die dicksten Kaliber, wie der Gastrocnemius lehrt:

Gastrocnemius.

(Maasse in Millimetern.)

	Länge	Dicke
Frosch	4,5	0,1064
Maus	3,5	0,0456
Vogel	2,5	0,0304

Vergleicht man dagegen den Obliquus oculi inferior des Frosches mit dem des Säugethieres, so erhält man das umgekehrte Resultat:

M. obliquus oculi inferior.

	Länge	Dicke
Frosch	1,5	0,019
Maus	2,5	0,0144

Hier sind also die längeren Fasern die dünneren. Man sieht, dass das Längen-Dicken-Verhältniss identischer Muskeln verschiedener Thiere kein constantes ist, dass nicht die Muskelfaserlänge die Faserdicke beeinflusst, sondern die Art des Thieres seine systematische Stellung.

Von der Länge der Fasern unabhängige Kaliber finden wir auch, wenn wir bei demselben Thier verschiedene Muskeln vergleichen. Als Beispiel diene die folgende kleine Tabelle, in welcher von 6 Muskeln des Frosches Länge und Breite in Mittelwerthen angegeben ist. Die Muskeln sind nach aufsteigender Faserlänge geordnet.

	Länge	Dicke
Obliquus oculi inferior .	1,5	0,019
Masseter	4	0,0494
Gastrocnemius	4,5	0,1064
Pectoralis	10	0,0646
Latissimus dorsi	10	0,0912
Sartorius	20	0,0836

Hier besitzt nicht der mit den längsten Fasern ausgestattete Sartorius die dicksten Fasern, sondern der kurzfaserige Gastrocnemius; ferner haben Pectoralis und Latissimus dorsi ungefähr die

gleichen Faserlängen und doch sehr verschiedene Faserkaliber; Aehnliches lehrt eine Vergleichung des Gastrocnemius mit dem Masseter.

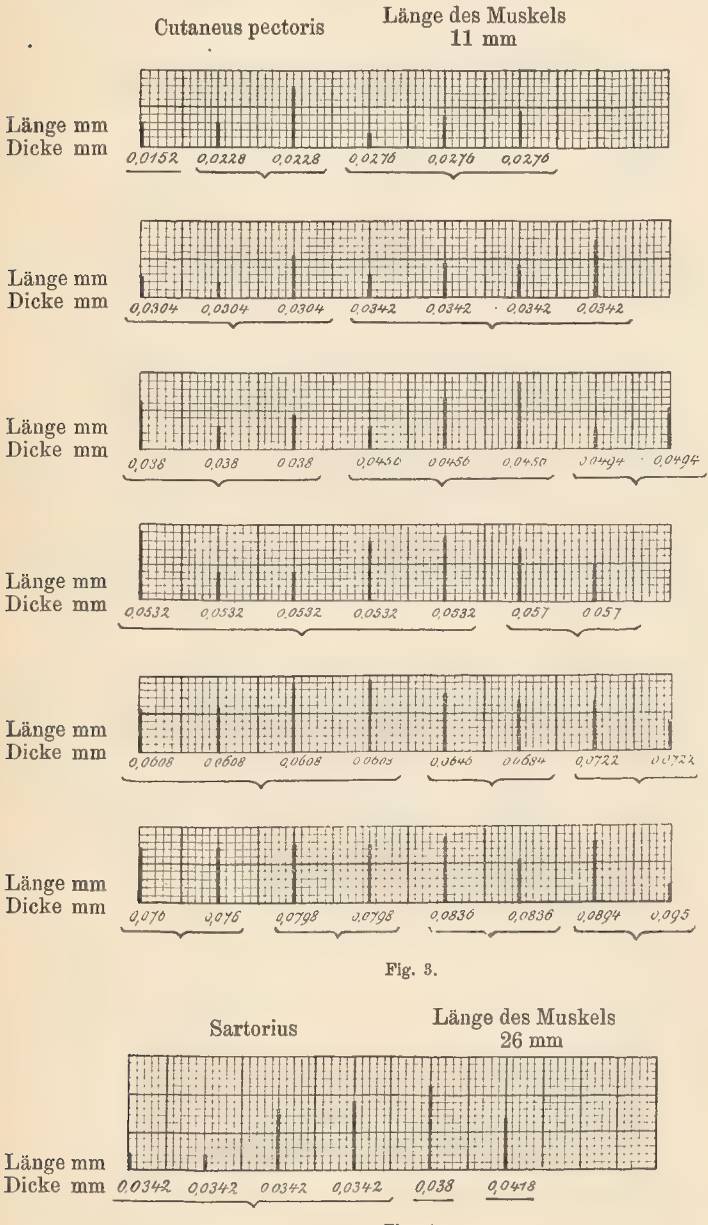


Fig. 3.

Fig. 4.

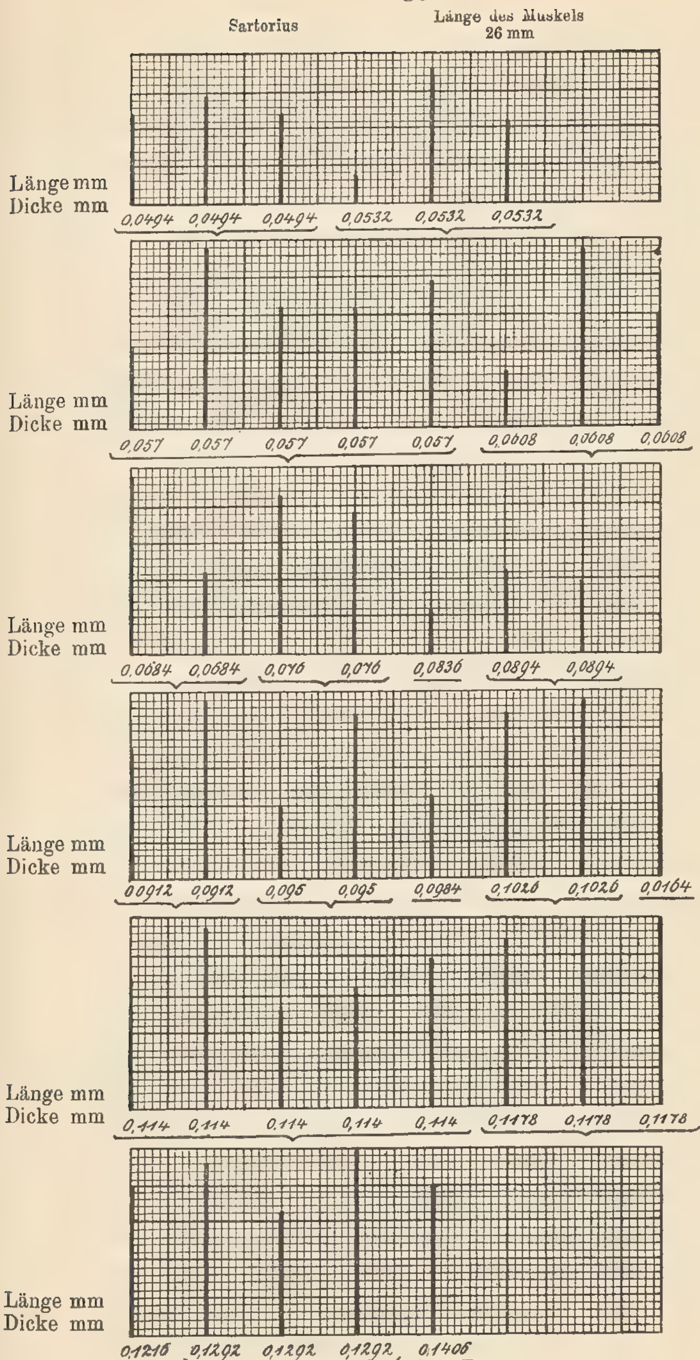

Sartorius
Länge des Muskels 26 mm
Länge mm
Dicke mm
0,0494 0,0494 0,0494 0,0532 0,0532 0,0532
Länge mm
Dicke mm
0,057 0,057 0,057 0,057 0,057 0,0608 0,0608 0,0608
Länge mm
Dicke mm
0,0684 0,0684 0,076 0,076 0,0836 0,0894 0,0894
Länge mm
Dicke mm
0,0912 0,0912 0,095 0,095 0,0984 0,1026 0,1026 0,0164
Länge mm
Dicke mm
0,114 0,114 0,114 0,114 0,114 0,1178 0,1178 0,1178
Länge mm
Dicke mm
0,1216 0,1292 0,1292 0,1292 0,1406

Fig. 5.

Es bleibt nun endlich noch die dritte Möglichkeit, dass eine bestimmte Proportionalität zwischen Länge und Breite der Muskelfasern für die Fasern eines und desselben Muskels besteht. Um diese Verhältnisse zu veranschaulichen, habe ich für 2 Muskeln des Frosches, den M. cutaneus pectoris (Länge 11 mm) und den M. sartorius (Länge 26 mm) eine graphische Darstellung entworfen, auf 44 bzw. 48 Messungen von Dicke und zugehöriger Länge beruhend.

(Siehe Seite 144 und 145.)

Auf der Abscissenlinie habe ich die Kaliberwerthe in aufsteigender Reihe aufgetragen; gleiche Kaliber sind durch eine Klammer zusammengefasst. Als Ordinaten sind jedesmal die entsprechenden Längen in Millimetern aufgetragen. Man erkennt so mit einem Blick, dass für dieselbe Faserdicke sehr verschiedene Längen vorkommen können und umgekehrt. Also auch hier eine scheinbare Regellosigkeit. Bei genauerer Betrachtung aber kann bemerkt werden, dass doch die niedrigeren Längenwerthe bei dünneren Fasern häufiger sind, als bei dickeren, also ein, wenn auch unregelmässiges Anwachsen der Faserlänge mit der Zunahme des Kalibers. Immerhin mag hier noch manche Unregelmässigkeit auf die Methode zurückzuführen sein; so ist es z. B. wohl höchst wahrscheinlich, dass die letzte Faser des M. cutaneus pectoris verstümmelt war, also nicht in ihrer natürlichen Länge vorlag.

Aus den in dieser Arbeit mitgetheilten Beobachtungen dürfte so viel hervorgehen, dass die Faserkaliber der Muskeln verschiedener Thiere sowie verschiedener Muskeln desselben Thieres sehr verschiedene Verhältnisse darbieten, oft so verschieden, dass man daraus zum Theil charakteristische Merkmale für die betreffenden Thierklassen oder für bestimmte Muskeln entnehmen kann. Ein Rückblick auf die in der Tafel dargestellten Kaliber-Curven genügt zur Constatirung dieser Thatsache. Welche Schlüsse können wir nun daraus ziehen? Hätten wir nur Kenntniss von den gröberen Froschmuskeln mit langer Kalibercurve, so könnten wir meinen, dass die innerhalb eines und desselben Muskels beobachteten Verschiedenheiten der Faserkaliber darauf zurückzuführen seien, dass die dünneren den jüngeren, die dickeren den älteren Fasern des Muskels entsprechen, dass jene bei weiterem Wachsthum auch

einmal zu diesen werden könnten. Dann müssten wir aber erwarten, auch einmal einen Muskel, welcher nur Fasern groben Kalibers enthält, zu finden. Das ist nun nie der Fall. Wohl aber finden wir umgekehrt Muskeln, welche ausschliesslich feine Fasern besitzen, wie den M. obliquus oculi inferior der verschiedenen Species, wie überhaupt fast alle Vogelmuskeln, und diesen letzteren reihen sich nach Rollett's eben erschienenen Mittheilungen die Muskeln der Fledermäuse an [1]). Wir können es hier also nicht mit verschiedenen Wachsthumsstadien zu thun haben. Die Muskeln mit gleichmässig feinen Faserkalibern sind in ihrer Art ebenso fertige Muskeln, wie die, welche ein Gemenge aller möglichen Kaliber besitzen.

Wenn dies aber anerkannt wird, so dürfen wir auch wohl annehmen, dass diesem auffallend verschiedenen Aufbau auch eine verschiedene Function entspricht. Wir lernen neben den in neuerer Zeit mehr beachteten Verschiedenheiten in der Textur der Muskelfasern verschiedener Wirbelthiere und der Muskelfasern innerhalb eines und desselben Muskels noch auffallende Verschiedenheit der Faserkaliber kennen. Eine weitere Aufgabe ergibt sich daraus, zu untersuchen, welches im Einzelnen die Beziehungen zwischen Kaliber und feinerem Aufbau der Muskelfaser sind. Rollett hat kürzlich gezeigt, dass die feinkaliberigen Muskelfasern der Fledermäuse einen ganz eigenartigen Bau besitzen: Sie zeichnen sich durch eine auffallend grosse Menge von Sarkoglia aus. Die Vermuthung liegt nahe, dass auch die Muskelfasern der Vögel Aehnliches zeigen möchten. Aber Verschiedenheiten in den Kaliberverhältnissen, ferner Verschiedenheiten im feineren Aufbau sind noch nicht Alles, was als Basis für eine Beurtheilung etwaiger physiologischer Verschiedenheiten dienen kann. Wir wissen, besonders durch Tergast's Untersuchungen an den Augenmuskeln des Schafs, des Menschen und Frosches, den Schwanzmuskeln der Maus und dem Sartorius und Biceps brachii junger Hunde, verglichen mit Reichert's seither allerdings durch Mays modificirten Angaben über den Brusthautmuskel des Frosches, dass auch auffallende Verschiedenheiten der Innervation bestehen. Das Verhältniss der Zahl der Nervenfasern

1) a. a. O.

zu der Zahl der Muskelfasern ist nämlich an den einzelnen Muskeln ein sehr verschiedenes. Ich stelle in Folgendem Tergast's Zahlen übersichtlich zusammen, wobei die Nervenfaser als Einheit angenommen ist und danach angegeben wird, wie viel Muskelfasern jedesmal auf eine Nervenfaser kommen.

Name des Muskels	Frosch	Schaf	Hund	Mensch	Maus
M. obliquus inferior . . .		3—4	—	—	—
M. obliquus superior . .		6—7	—	—	—
M. rectus inferior . . .	10	7—8	—	2	
M. rectus medialis . . .		8	—	$1^{38}/_{55}$	—
M. rectus lateralis . . .		10	—	$3^{1}/_{4}$	—
Biceps brachii	—	—	83—125	—	—
Cutaneus pectoris . . .	23—27	—	—	—	—
Sartorius	$16^{3}/_{7}$	—	40—60	—	—
Adductor digiti V pedis .	40	—	—	—	—
Schwanzmuskeln	—	—	—	—	28—29

Auf die auffallend günstige Innervation der Augenmuskeln hat Tergast besonders aufmerksam gemacht. Es ist auffallend, dass diese reiche Innervation zusammenfällt mit der grössten Feinheit der Faserkaliber, die beobachtet wurde. Es sind dies nun aber Muskeln, welche besonders feine, präcise Bewegungen auszuführen haben. Was liegt näher, als daran zu denken, dass Beides, nämlich einerseits Kaliber der Fasern und Innervation, andererseits die Funktion in einem gewissen Zusammenhange stehen, um so mehr als sämmtliche Vogelmuskeln, sowie die Muskeln der Fledermäuse nach Rollett ähnliche Kaliberverhältnisse zeigen? Vermuthlich erweist sich auch hier die Innervation als eine ähnlich günstige. Wir dürfen aber wohl nicht anstehen, den Vogelmuskeln, besonders der dem Fluge dienenden Muskulatur eine ähnliche Präcision in der Wirkung zuzuschreiben, wie den Augenmuskeln. Jedenfalls spielt dabei die Innervation eine erste, wichtigste Rolle. Die Art der Vertheilung der contractilen Substanz über den Querschnitt des Muskels kann aber auch nicht gleichgültig sein. Bekanntlich ist die Kraft, welche ein Muskel leistet, dem Querschnitt proportional, d. h. der Summe der Querschnitte der in der betreffenden Schnittfläche enthaltenen Muskelfasern. Nun ist es klar, dass bei gleichen übrigen Verhältnissen eine und dieselbe Querschnittsfläche von Quer-

schnitten kleinerer Muskelfasern vollkommener zu erfüllen ist, als von Querschnitten grober Muskelfasern, welche grössere mit Bindegewebe erfüllte Lücken zwischen sich freilassen werden. Die gleiche Querschnittseinheit eines feinfaserigen Muskels wird also einer grösseren Kraftentfaltung entsprechen, als die eines grobfaserigen. Sollte nicht hiermit die bekannte Thatsache im Zusammenhang stehen, dass, wenn man die Kraft pro Querschnittseinheit vergleicht, die Muskeln der Warmblüter sich kräftiger zeigen, als die der Kaltblüter? Der hier entwickelte Gedanke ist jedenfalls der Prüfung werth. Ich darf aber nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass noch etwas Anderes hinzukommt, was die Querschnittseinheit eines Froschmuskels minderwerthiger gestaltet, als die eines Vogels oder Säugethieres. Ich finde nämlich, dass in den Muskeln des Frosches das Bindegewebe eine ungleich grössere Rolle spielt, als in den von mir an Querschnitten studirten Muskeln der Maus. Ich finde in der eben erschienenen Arbeit von Rollett eine erfreuliche Uebereinstimmung mit dieser Behauptung. Man vergleiche Rollett's Figur 11 (Gastrocnemius des Frosches) mit Fig. 10 (weisser Kaninchenmuskel) so tritt das von mir hervorgehobene Verhältniss in schärfster Weise hervor. Es ist aber noch etwas Anderes aus den Rollett'schen Figuren zu ersehen, obwohl Rollett nicht besonders darauf aufmerksam macht. Die Querschnitte der Muskeln mit spärlichem Bindegewebe zeigen polygonale dicht an einander gedrückte Muskelfaser-Querschnitte, während die Muskelfasern in dem abgebildeten Querschnitte des Froschmuskels rundliche Felder erkennen lassen. Dies stimmt mit meinen Beobachtungen vollkommen überein. Besonders reichlich fand ich das interstitielle Bindegewebe im M. latissimus dorsi des Frosches und dem entsprechend auch vollkommen abgerundete Formen der Muskelfaser-Querschnitte.

Zum Schluss möchte ich noch auf eine praktisch wichtige Folgerung aus meinen Ergebnissen hinweisen. Will man in pathologischen Fällen Hypertrophien von Muskelfasern constatiren, so wird man zur Vergleichung mit dem normalen Verhalten stets nur den gleichnamigen Muskel wählen dürfen, da ja die Kaliberverhältnisse der verschiedenen Muskeln derselben Art so verschieden sein können. Es ergibt sich daraus die Nothwendigkeit, als sichere

Grundlage für eine solche Vergleichung für jeden einzelnen menschlichen Muskel eine Kaliber-Curve aufzustellen, wobei wiederum der verschiedene Ernährungszustand der verschiedenen Individuen in Rechnung zu ziehen ist. Selbstverständlich wird man ferner mit Leichenmuskeln nicht die dem Lebenden entnommenen, zuckend in in die Fixirungsflüssigkeit geworfenen Muskelstückchen vergleichen dürfen. Man würde dann, wie dies Siemerling und Oppenheim kürzlich geschehen ist, in Folge der Verkürzung auffallend dicke Muskelfasern erhalten, die, verglichen mit den nach Lösung der Todtenstarre untersuchten Leichenmuskeln, den Eindruck einer Hypertrophie machen. Es empfiehlt sich deshalb, die zur Vergleichung dem Lebenden entnommenen Muskelstückchen erst absterben zu lassen und dann zu fixiren. Die Resultate einer Untersuchung der normalen Kaliberverhältnisse der menschlichen Muskeln hoffe ich bald in einer besonderen Arbeit mittheilen zu können. Eine Thatsache möchte ich zum Schluss noch besonders betonen. Bei verschiedenen Individuen derselben Art ist der verschiedene Ernährungszustand von entschiedenem Einfluss auf die Muskelfaserkaliber, ein Verhalten, das bereits Kunkel auf einem anderen Wege erschlossen hat. Eine Betrachtung der von mir mitgetheilten Curven von Salamandra maculosa demonstrirt dies auf das Deutlichste, allerdings nur für 5 Muskeln. Die Mehrzahl meiner Messungen habe ich hier bei abgemagerten Winterthieren gemacht, fünf Muskeln aber auch von gut genährten frisch gefangenen Exemplaren damit verglichen. Es stellt sich heraus als allgemeines Resultat, dass die Kaliber der Muskelfasern des Sommersalamanders höhere Maxima besitzen und in der Mehrzahl der Fälle auch höhere Minima als die des Wintersalamanders. Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht dies in übersichtlicher Weise in Theilstrichwerthen. Es lässt sich daraus wohl der Schluss ziehen, dass die quergestreiften Muskelfasern bei mangelhafter Ernährung dünner werden, bei reichlicher Nahrungszufuhr dagegen sich verdicken. Am beträchtlichsten zeigt sich diese Verdickung beim Sartorius. Hier übertrifft das Maximum der Faserdicke beim Sommersalamander um 10 Theilstriche das des Wintersalamanders. Allen 5 Muskeln gemeinsam kommt ferner eine Verbreiterung der Curve zu, die beim Sartorius

bis auf 8 Theilstriche steigt. Die Form der Curve scheint dabei im Allgemeinen erhalten zu bleiben, nur ist beim gut genährten Thier ihr Abfall ein weniger steiler als beim schlecht genährten.

Tabelle.

Name des Muskels	Winter-Salamander		Sommer-Salamander	
	Minimum und Maximum	Differenz	Minimum und Maximum	Differenz
M. obliquus oculi inferior	1—6	5	1—7	6
M. longissimus dorsi . .	3—20	17	4—25	21
M. pectoralis	3—15	12	4—22	18
M. flexor carpi radialis .	2—11	9	3—16	13
M. sartorius	3—18	15	5—28	23

Aehnliche Verschiedenheiten wie beim Salamander konnte ich auch bei meiner Untersuchung menschlicher Leichen constatiren. Die Muskelfasern stark abgemagerter Individuen fand ich im Allgemeinen dünner, als die von gut genährten Personen. Ich beabsichtige, später bei der Veröffentlichung meiner Untersuchungen über die Faserkaliber der menschlichen Muskeln darauf zurückzukommen.

Verzeichniss der benutzten Litteratur.

1. Arnold, T., Ueber das Vorkommen heller Muskeln beim Menschen. Heidelberg 1886.

2. Auerbach, L., Virchow's Archiv, Bd. 53, 1871.

3. — — Zur Frage der wirklichen und scheinbaren Muskelhypertrophie. Medicin. Centralbl. 1889, No. 45 S. 802.

4. Bowman, On the minute structure and movements of voluntary muscle. Philosophical Transactions 1840, pag. 457 seq.

5. Felix, W., Die Länge der Muskelfaser bei dem Menschen und einigen Säugethieren. Festschrift für Albert v. Kölliker 1887.

6. Ficinus, H. R., De fibrae muscularis forma et structura. Lipsiae 1836.

7. Froriep, Ueber das Sarkolemm und die Muskelkerne. Archiv f. Anat. u. Entwicklungsschrift 1878.

8. Gerlach, J., Gewebelehre, 1848.

9. Grützner, P., Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskeln. Recueil Zoolog. Suisse, T. I No. 4 1884.

10. Harting, P., Recherches micrométriques 1845.

11. Kölliker, A., Mikroskopische Anatomie. II. Bd. 1. Hälfte 1850.

12. — Gewebelehre. 6. Auflage 1889.

13. Krause, W., Handbuch der menschlichen Anatomie. I, 1876, u. Nachtrag 1881 S. 147.

13a. Kunkel, Studien über die quergestreifte Muskelfaser. Festschrift f. Albert v. Kölliker 1887, S. 225 ff.

14. Mays, K., Histophysiologische Untersuchungen über die Verbreitung der Nerven in den Muskeln. Zeitschr. f. Biologie Bd. XX 1885.

14a. Oppenheim und Siemerling, Centralblatt für die medicin. Wissenschaften 1889.

15. Ranvier, L., Traité technique d'histologie und Système musculaire.

16. Rollett, A., Anatomische und physiologische Bemerkungen über die Muskeln der Fledermäuse. Sitzungsber. der Wiener Akad., math.-naturw. Cl. Bd. 98 Abth. III, Mai 1889.

17. Schäfer, in Quain's Anatomy. 9. edit. 1882, vol. II.

18. Stöhr, Lehrbuch der Histologie.

19. Tergast, P., Ueber das Verhältniss von Nerv und Muskel. Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. IX 1872.

20. Todd and Bowman, The physiological anatomy and physiology of man. Vol. I 1845 page 151.

21. Todd, R. B., The cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III 1839 to 1847. Muscle by Bowman page 507.

22. Toldt, Lehrbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. 1888.

Lebenslauf.

Der unterzeichnete Verfasser der vorliegenden Arbeit, Reitaro Mayeda, ist am 1. November 1866 in der Stadt Kioto (Japan) geboren, als der Sohn von S. Mayeda, Arzt in derselben Stadt. Im Jahre 1876 wurde er Schüler der dortigen höheren Lehranstalt Die Einführung in die japanische und chinesische Literatur, sowie in die moderne, nach europäischer Methode docirte Naturwissenschaft bildete den Hauptgegenstand des Unterrichts. Im Jahre 1883 hatte er den Lehrcursus in der Schule seiner Vaterstadt beendet. Von 1883 bis 1885 vervollständigte er seine Kenntnisse durch Privatunterricht, um dann zu Beginn des Jahres 1885 sich nach Europa zu begeben und an der Universität Strassburg dem Studium der Medicin sich zu widmen. Während der bis heute hier verbrachten 10 Semester besuchte er die Vorlesungen und Curse der Herren Professoren Hoppe-Seyler, Lücke, v. Recklinghausen, Goltz, Schmiedeberg, Jössel, Freund, Jolly, Laqueur, Schwalbe, Naunyn, Kussmaul, Kohts, Kuhn, Fischer, v. Mering, Wolff und Ewald, sowie der Herren Privatdocenten Ulrich, v. Schröder, Pfitzner, Ledderhose, Bayer, Cahn, Fischer und Thierfelder. Desgleichen war er der Zuhörer der Herren Professoren De Bary, Kundt und Fittig.

Es sei ihm gestattet, an dieser Stelle seinen hochverehrten Lehrern für den empfangenen Unterricht seinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Reitaro Mayeda.

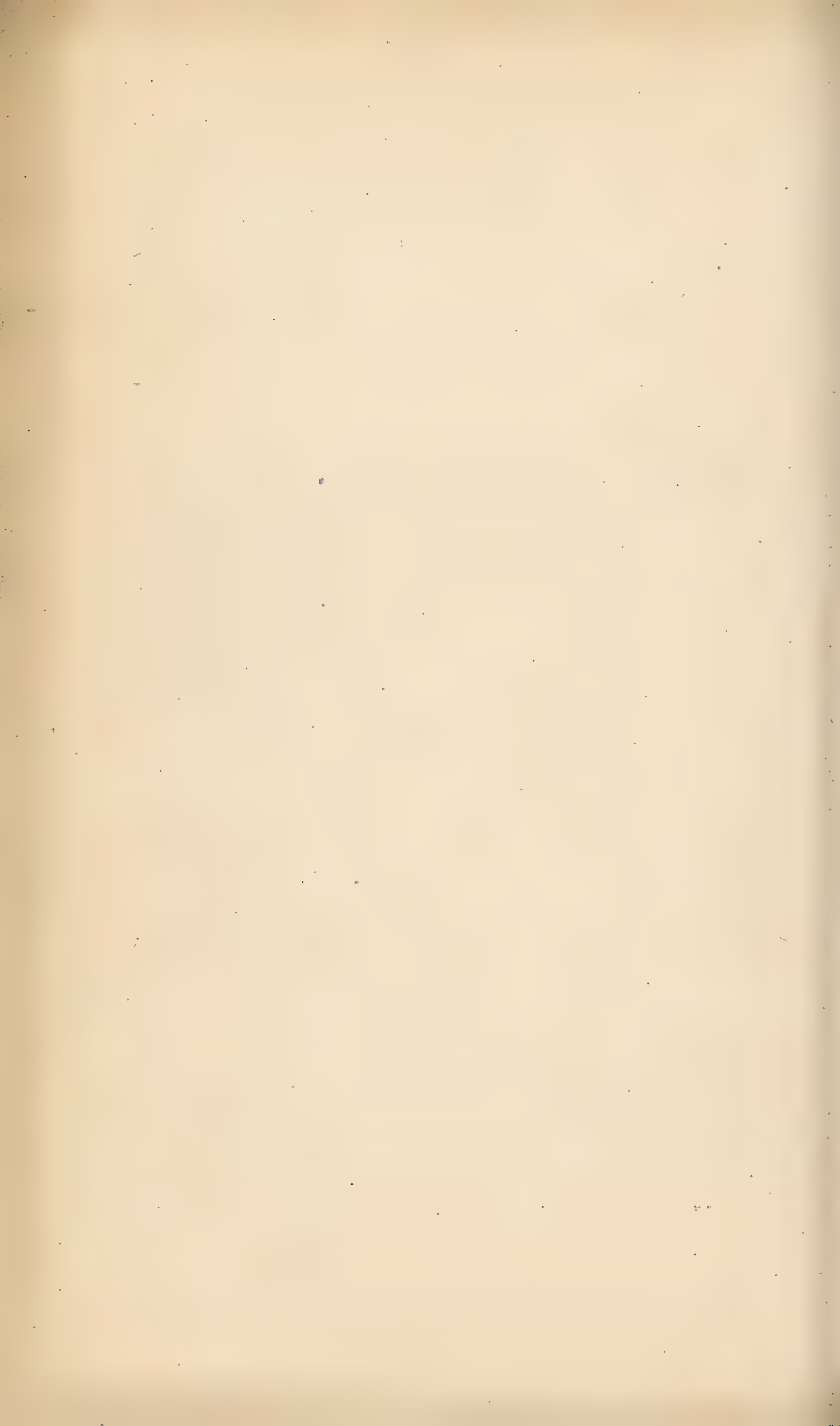
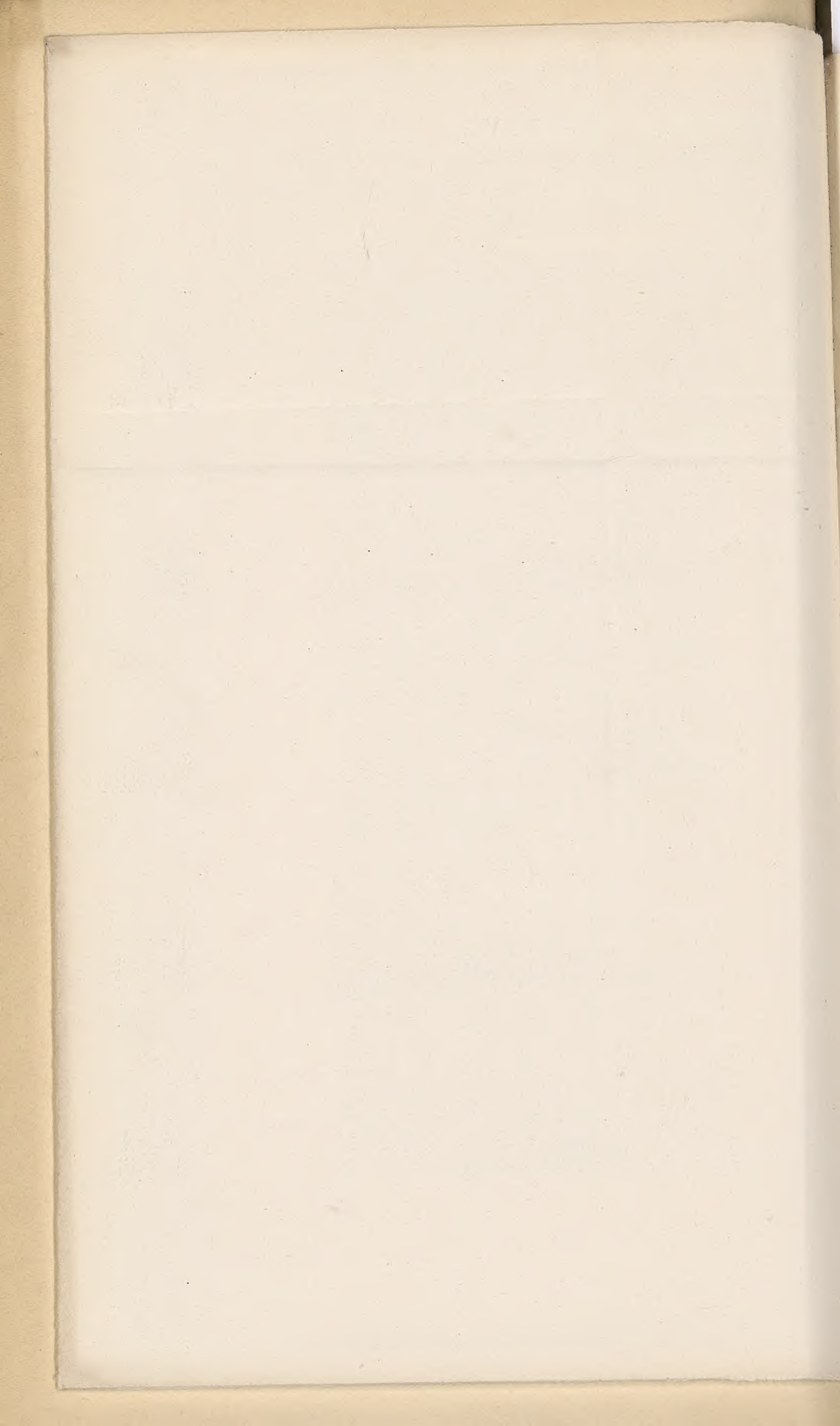
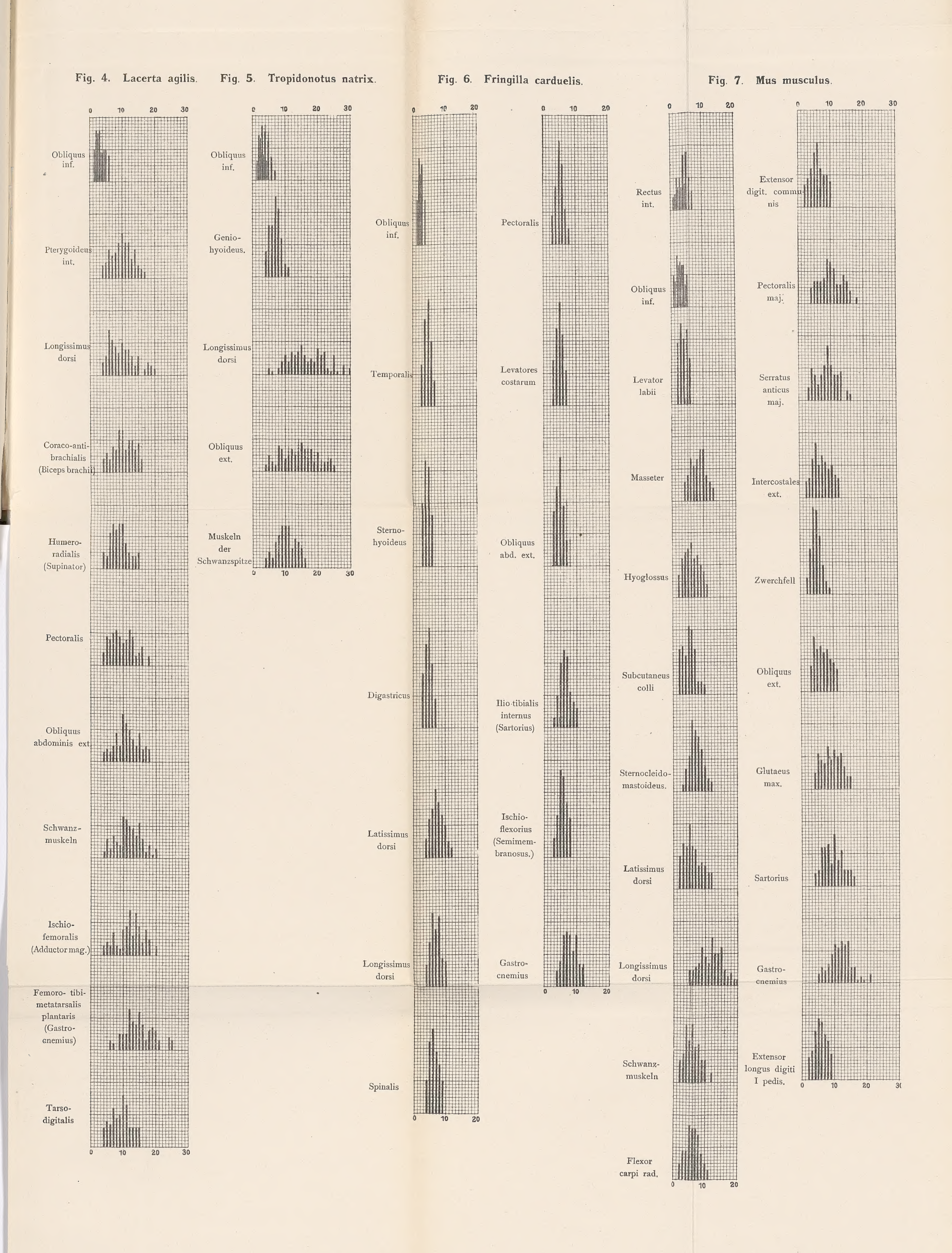



Fig. 1. Perca fluviatilis.
Obliquus inf.
Adductor mandibulae
Levator der Rückenflosse
Dorsale Seitenrumpfmuskeln
Ventrale Seitenrumpfmuskeln
Fig. 2. Rana esculenta.
Rectus int.
Obliquus inf.
Temporalis
Masseter
Hyoglossus
Submaxillaris
Omohyoideus
Latissimus dorsi
Longissimus dorsi
Infraspinatus
Triceps brachii
Flexor carpi rad.
Extensor digit. communis longus
Adductor pollicis
Abductor digiti V primus
Cutaneus pectoris
Pectoralis
Rectus abdominis
Obliquus ext.
Sartorius
Semimembranosus
Gastrocnemius
Peroneus
Extensor longus digiti I pedis
Interosseus III dorsalis pedis
Fig 3. Salamandra maculosa.
a) Winter.
b) Sommer.
Rectus int.
Obliquus inf
Masseter
Infraspinatus
Latissimus dorsi
Longissimus dorsi
Flexor carpi rad.
Extensor digit. comm.
Interosseus V dorsalis manus
Pectoralis
Rectus abdominis
Obliquus ext.
Sartorius
Gastrocnemius
Extensor longus digiti I pedis




Fig. 4. Lacerta agilis.
Fig. 5. Tropidonotus natrix.
Fig. 6. Fringilla carduelis.
Fig. 7. Mus musculus.
0 10 20 30
Obliquus inf.
Pterygoideus int.
Longissimus dorsi
Coraco-anti-brachialis (Biceps brachii)
Humero-radialis (Supinator)
Pectoralis
Obliquus abdominis ext.
Schwanz-muskeln
Ischio-femoralis (Adductor mag.)
Femoro- tibi-metatarsalis plantaris (Gastro-cnemius)
Tarso-digitalis
Obliquus inf.
Genio-hyoideus.
Longissimus dorsi
Obliquus ext.
Muskeln der Schwanzspitze
Obliquus inf.
Temporalis
Sterno-hyoideus
Digastricus
Latissimus dorsi
Longissimus dorsi
Spinalis
Pectoralis
Levatores costarum
Obliquus abd. ext.
Ilio-tibialis internus (Sartorius)
Ischio-flexorius (Semimem-branosus.)
Gastro-cnemius
Rectus int.
Obliquus inf.
Levator labii
Masseter
Hyoglossus
Subcutaneus colli
Sternocleido-mastoideus.
Latissimus dorsi
Longissimus dorsi
Schwanz-muskeln
Flexor carpi rad.
Extensor digit. communis
Pectoralis maj.
Serratus anticus maj.
Intercostales ext.
Zwerchfell
Obliquus ext.
Glutaeus max.
Sartorius
Gastro-cnemius
Extensor longus digiti I pedis.

